

# Analisi di texture con algoritmi di visione

I sistemi di visione artificiale si servono di tecniche che individuano delle caratteristiche definite da una particolare regola geometrica al fine di rilevare una variazione brusca di luminosità o di colore. Esistono però applicazioni in cui non è sufficiente. Si pensi all'analisi di ortaggi o la ricerca di difetti nel legno.

■ Federico Squassoni, Michele Lanzetta  
Dipartimento di Ingegneria Meccanica, Nucleare e della Produzione, Università di Pisa

In ambiti dove noi stessi avremmo difficoltà a descrivere delle caratteristiche generali che possono essere ricercate con funzioni apposite: alle normali operazioni morfologiche vengono in aiuto degli strumenti come le analisi delle texture (dall'inglese, trama o tessitura) e le reti neurali che vanno a interpretare caratteristiche difficili da definire in modo esatto. Questi strumenti consentono quindi di effettuare una segmentazione dell'immagine in casi in cui una ricerca di particolari specifici come contorni e aree cromatiche fallirebbe.

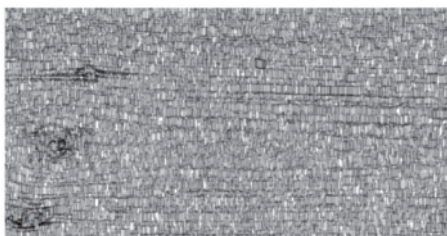
## Segmentazione

È il primo passo dopo l'acquisizione dell'immagine che mira a definire all'interno dell'immagine aree di interesse in cui si localizzano i difetti. Uno strumento, descritto anche in<sup>[10]</sup>, è l'istogramma per discriminare la percentuale di ogni tonalità di grigio. Un sistema di segmentazione basato su questa tecnica è usato in<sup>[20]</sup> in cui si usa un sistema a soglie fisse in scala di grigio a 256 valori. Riguardo alla rilevazione dei difetti della pelle bovina, anche Hoang<sup>[11]</sup> e Azencott<sup>[2]</sup> propongono algoritmi di segmentazione che usano rispettivamente una soglia fissata a

priori e una ulteriore misura del contrasto locale basata su caratteristiche estratte dagli istogrammi di sottoimmagini della pelle. In<sup>[3]</sup> il criterio  $\chi^2$  è usato per definire i difetti effettuando una analisi degli istogrammi relativi all'acquisizione. Inoltre l'utilizzo di più di una area di controllo per definire un istogramma più o meno indicativo dell'area non difettosa permette di raggiungere degli ottimi risultati nel riconoscimento degli istogrammi rappresentativi delle aree con anomalie. Questi metodi mettono in evidenza la necessità di strumenti specifici per trovare difetti di cui non è possibile definire la forma o le dimensioni univocamente. Altre analisi di questo tipo sono l'analisi di Fourier e quella con Filtri di Gabor bidimensionali<sup>[4]</sup> e monodimensionali<sup>[5]</sup>. Questi vengono usati nell'analisi in frequenza in alternativa all'analisi di Fourier per mantenere l'informazione spaziale, cosa che va persa con l'analisi nel puro dominio della frequenza. Infatti i filtri di Gabor permettono di effettuare una analisi in frequenza locale dell'immagine in modo da non perdere completamente le informazioni spaziali che nei sistemi di visione artificiale sono fondamentali.

## Textures

La gran parte degli algoritmi in campi come le applicazioni conciarie o in falegnameria (ad esempio<sup>[6]</sup>) si occupa di trattare l'immagine del materiale come una texture che può essere regolare, ovvero periodica e non. Tramite questa analisi è possibile trattare immagini con un carattere aleatorio ma con ben determinate caratteristiche di uniformità. Si pensi ancora ad un intonaco che visto da un metro di distanza sembra omogeneo, ma che se ci si accosta rivela la sua natura di superficie diversificata e con assenza di periodicità. Eppure il nostro cervello riesce a cogliere tutta una serie di caratteristiche che entrando in una analisi più dettagliata non riusciamo a ben definire come il colore medio della parete, visto che andando ad osservare da vicino vedremmo una miriade di granelli di sabbia multicolore che ci farebbero perdere di vista la visione d'insieme. Risulta a questo punto evidente il motivo per cui ci si riferisce alle caratteristiche trovate come "anomalie" e "difetti". Essi infatti risultano delle anomalie nelle leggi statistiche che definiscono la superficie del materiale. Esistono diversi algoritmi per gestire le texture come la trasformata wavelet usata



Rilevamento di nodi su legno, come elementi che rompono la regolarità della tessitura. Dall'alto: immagine originale con blurring per regolarizzare l'illuminazione; stima dell'entropia; binarizzazione a soglia; localizzazione dei difetti sull'originale attraverso un operatore OR applicato ai contorni (in verde) estratti dall'immagine binarizzata.

in <sup>[7]</sup> e <sup>[8]</sup> per definire i difetti come le grinze del cuoio. La trasformata wavelet è simile alla trasformata di Fourier in quanto usa una scomposizione di un'onda in serie di funzioni, ma si sviluppa a differenza di questa sia nel tempo che nella frequenza ma nonostante ciò presenta una complessità computazionale inferiore alla Fast Fourier Transform. In <sup>[9]</sup> invece una procedura di segmentazione morfologica è applicata all'orientamento delle texture al fine di isolare aree di immagine con probabili difetti, usando una versione dell'algoritmo di Lee <sup>[10]</sup> modificata ad hoc per adattarsi al contesto (l'algoritmo è stato adattato per poter elaborare la segmentazione data dall'orientamento della texture). In

particolare l'attenzione degli autori si è focalizzata sull'orientamento delle texture al fine di definire un vero e proprio "campo di orientamento della texture" stessa e sullo sviluppo di algoritmi di calcolo del gradiente di orientamento medio. Essendo un problema di grande complessità computazionale, ha giustificato la ricerca di metodi di calcolo più efficienti ma soprattutto più stabili di quelli che seguono la definizione pura. Questo approccio si rivela utile per il riconoscimento di alcune classi di difetti in ambito conciario.

### Le reti neurali

In <sup>[11]</sup> e <sup>[12]</sup> lo stesso gruppo di ricerca ha usato la tecnica delle reti neurali per sviluppare la classificazione usando dei parametri calcolati partendo dal campo di orientamento della texture. Per la classificazione (quindi quella fase che sta subito dopo il riconoscimento di un potenziale difetto e che si occupa di identificarlo come tale, come errore di lettura o come pregio) altri <sup>[13]</sup> <sup>[14]</sup> hanno utilizzato le reti neurali scoprendo che per l'applicazione alla classificazione dei difetti di questo tipo le reti a 2 strati sono migliori di quelle a 3 strati oltre ad essere computazionalmente e logicamente più semplici.

Negli esperimenti effettuati con Pulnix TMC-74 high resolution CCD color camera (768x493 pixels), sistema frame grabber Sun VideoPix 30 Hz NTSC, tavolo da 64 cm x 64 cm Bencher VP-400 e 4 lampade da 300 W all'altezza di 40 cm negli angoli del tavolo e un illuminatore alogeno al quarzo da 600 W inserito in una base bianca da 40 cm x 40 cm per la retroilluminazione, le immagini sono state partizionate in finestre da 8 cm x 12 cm e sono stati analizzati e riconosciuti circa 140 difetti. La rete neurale a due strati ha ottenuto ottimi risultati mantenendo la capacità di acquisire nuovi dati con ulteriore training.

Le reti neurali sono usate anche per la costituzione di un sistema di riconoscimento e classificazione dei difetti partendo da una segmentazione basata sulla wavelet packet transform. In <sup>[15]</sup> l'approccio delle reti neurali è stato utilizzato per cercare aree simili allo scopo di mantenere uniformità nel colore e nelle caratteristiche del prodotto finale. Per questa applicazione gli autori

hanno utilizzato una telecamera a colori posizionata perpendicolarmente alla zona da acquisire. Per mantenere l'immagine il più possibile fedele a quella visibile a occhio nudo per l'illuminazione è stata scelta una lampada che rispettasse lo standard CIE D65 con una angolazione di 45° per evitare i fenomeni di riflesso nell'immagine acquisita. La risoluzione dell'immagine è fissata a 1.08', valore molto vicino a quello della minima risoluzione dell'occhio umano (da 1.00' a 1.50'). Inoltre si sottolinea l'importanza di un controllo di temperatura della telecamera intorno al CCD.

Da numerosi test è risultato che con un controllo che mantenga la temperatura del CCD a 40 °C con uno scarto di  $\pm 0.1$  °C il verificarsi di differenze su dati acquisiti più volte sullo stesso campione passa da una percentuale di incidenza del 10% a una percentuale di incidenza dell'1%. Sono state considerate dagli autori le scale di grigio e il gradient co-occurrent array come caratteristiche della texture direttamente legate all'aspetto della pelle e sono definite e confrontate alcune di queste caratteristiche per scegliere su quali applicare gli algoritmi di reti neurali.

In <sup>[16]</sup> è definito un metodo per acquisire le caratteristiche della texture e un classificatore lineare basato sul criterio sul discriminante di Fisher, con lo scopo di effettuare una pattern recognition. Per questo tipo di analisi in <sup>[17]</sup> si propone l'utilizzo di segmentazioni effettuate sulla base di modelli a soglie piramidali dapprima in maniera generale nella totalità delle immagini naturali e poi con un particolare riferimento al riconoscimento di un difetto su una superficie. Anche in <sup>[18]</sup> si utilizza un approccio di tipo piramidale, al problema della segmentazione di immagini naturali basata su modelli autoregressivi. Anche altri autori <sup>[19][20]</sup> hanno analizzato le caratteristiche delle texture per pattern recognition. Il problema di questi algoritmi è però la scarsa efficienza di calcolo e le risorse necessarie nel momento in cui le forme cercate si presentano con un'orientazione diversa da quella attesa e non permettono l'autoapprendimento come per le reti neurali, e anche in questo caso non supererebbero la difficoltà introdotta dalla complessità computazionale.



## Conclusion

L'analisi delle texture con sistemi di visione ottiene sorprendenti risultati dal punto di vista teorico, con l'inconveniente della elevata potenza di calcolo necessaria per applicazioni real time. Con l'attuale trend di sviluppo ci possiamo considerare alle porte dell'era dei sistemi industriali di visione ad analisi di texture in tempo reale. ■

© RIPRODUZIONE RISERVATA

## Note

I riferimenti bibliografici citati sono stati tratti da ScienceDirect, Scopus e IEEE utilizzando le parole chiave "leather", "vision", "inspection" e "quality".

Il presente lavoro è stato svolto come tesi di laurea specialistica in ingegneria dell'automazione nell'ambito del progetto ASALP del programma Cornet dell'unione europea, finalizzato alla realizzazione di un sistema automatico di ispezione nell'industria conciaria. Si ringrazia l'associazione Assa di Santa Croce sull'Arno (PI) e CGS di Pisa per la collaborazione.

## Bibliografia

- [0] Squassoni, F.; Lanzetta, M.; Raspi C.: Visione artificiale nell'industria conciaria, Automazione Integrata (6) 2011, 58-61.
- [1] Hoang, K., Wen, W., Nachimuthu, A., Jiang, X.L., (1997), Achieving automation in leather surface inspection. Computers in Industry, Elsevier science, Vol 34, 43-54.
- [2] Azencott, R., Yao, J., (1994), Automated detection of cowhide defects using Markov random field techniques. Proc. 12th IAPR International Conference on Pattern Recognition, Jerusalem, Israel 9-13 Oct
- [3] L., Georgieva, K., Krastev, N., Angelov. Identification of Surface Leather Defects, International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech'2003
- [4] D.-M. Tsai, S.-K. Wu., Automated Surface Inspection Using Gabor Filters, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 16, Issue 7, Jun 2000, Pages 474 - 482, DOI 10.1007/s001700070055,
- [5] D.-M. Tsai, C.-P. Lin, Fast Defect Detection in Textured Surfaces Using 1D Gabor Filters, The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Volume 20, Issue 9, Oct 2002, Pages 664 - 675, DOI 10.1007/s001700200205
- [6] Du-Ming Tsai and Tse-Yun Huang, Automated

surface inspection for statistical textures, Image and Vision Computing, Volume 21, Issue 4, , 1 April 2003, Pages 307-323.

[7] Hong-Dar Lin, Automated visual inspection of ripple defects using wavelet characteristic based multivariate statistical approach, Image and Vision Computing, Volume 25, Issue 11, 1 November 2007, Pages 1785-1801, ISSN 0262-8856 0262-8856, DOI: 10.1016/j.imavis.2007.02.002.

[8] D., Tsai, B. Hsiao, Automatic surface inspection using wavelet reconstruction, Pattern Recognition 34 (2001) pp.1285-1305

[9] A., Branca, G., Attolico A.; Distanti, Leather inspection by oriented texture analysis with a morphological approach, Lovregine, Image Processing, 1997. Proceedings., International Conference on Volume 2, 26-29 Oct. 1997 Page(s):669 - 671 vol.2

[10] C.K. Lee and S.P. . "A mathematical morphological approach for segmenting heavily noise corrupted images". Pattern Recognition, 29(8):1347-1358, 1996.

[11] A., Branca, M., Tafuri, G., Attolico, A., Distanti, A Neural Network for texture classification, ,

[12] A., Branca, M., Tafuri, G., Attolico, A., Distanti, Directionality Detection in Compositional Textures,

[13] Kwak, C., Ventura, J. A., & Tofang-Sazi, K. Neural network approach for defect identification and classification on leather fabric. (2000). Journal of Intelligent Manufacturing, 11(5), 485-499. Retrieved from www.scopus.com

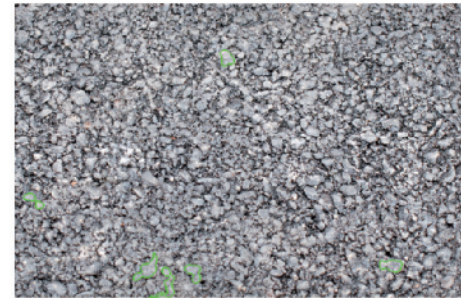
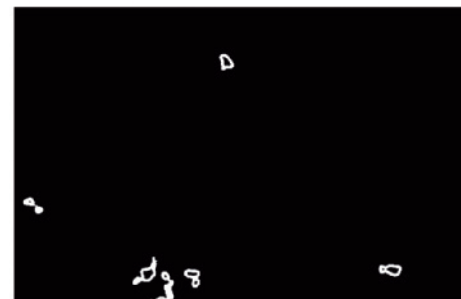
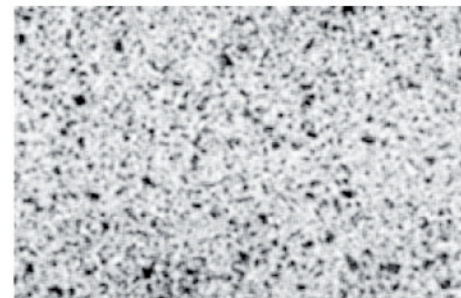
[14] F., He, W., Wang, Z., Chen Automatic Defects Detection Based On Adaptive Wavelet Packets For Leather Manufacture, International Technology and Innovation Conference 2007

[15] Cai Min; Han Liqun, Neural Network Based Computer Leather Matching System; Intelligent Processing Systems, 1997. ICIPS '97. 1997 IEEE International Conference on Volume 1, 28-31 Oct. 1997 Page(s):377 - 380 vol.1

[16] Y., Cui, Z., Zhou; Application of Pattern Recognition on Classifying Texture Images, Proceedings of the 5th World Congress on Intelligent Control and Automation, June 15-19, 2004. Hangzhou, PR. China

[17] Serafim, A.F.L., Natural Images Segmentation For Patterns Recognition Using Edges Pyramids And Its Application To The Leather Defects.; Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, 1993. Proceedings of the IECON '93., International Conference on 15-19 Nov. 1993 Page(s):1357 - 1360 vol.3

[18] Serafim, A.F.L., Multiresolution Pyramids For Segmentation Of Natural Images Based On Autoregressive Models Application To Calf Leather Classification;.; Industrial Electronics, Control and



Dall'alto: un tratto di asfalto; filtro entropico; estrazione contorni dell'immagine binarizzata; localizzazione degli elementi di dimensione superiore alla media e che alterano la regolarità della tessitura.

Instrumentation, 1991. Proceedings. IECON '91., 1991 International Conference on 28 Oct.-1 Nov. 1991 Page(s):1842 - 1847 vol.3

[19] Philippe P. Ohanian, Richard C. Dubes, Performance Evaluation For Four Classes Of Textural Features, Pattern Recognition, Volume 25, Issue 8, August 1992, Pages 819-833, ISSN 0031-3203, DOI: 10.1016/0031-3203(92)90036-I.

[20] Z., Liut, S., Madiraju Sandy Dance, L., Kitchen, Covariance Methods In Computer Vision; Computer Vision. Machzne Intelligence Lab (CVMIL), Department of Science,